Усилители высокой частоты (УВЧ) и конвертеры для УКВ радиоаппаратуры

Усилитель Высокой Частоты (УВЧ) является первичным звеном радиоприемника, связывающим приемник с антенной. Очень часто радиолюбители для названия этого устройства применяют слово «преселектор», которое можно расшифровать как «предварительный выбор частоты». На мой взгляд, понятие «УВЧ» имеет более широкий смысл.

Главная задача преселектора состоит в «выборе частот», т.е. в выделении нужного сигнала из общей массы поступающих на антенное устройство ВЧ сигналов. УВЧ кроме селекции должен также и усиливать выбранные сигналы.

К УВЧ любого приемника предъявляются следующие основные требования:

- Необходимость ослабления сигналов на побочных каналах приемника (т.е. на зеркальной и промежуточной частотах радиоприемника), при этом ослабление полезного сигнала, поступающего из антенны, должно быть минимальным. Ослабление всех нежелательных сигналов характеризуется избирательностью УВЧ.
- УВЧ должен усиливать поступающий от антенны сигнал, при этом следует уделить внимание тому, чтобы УВЧ не вносил повышения шумов. Минимальные шумы - это самое основное требование к УВЧ для УКВ приемной аппаратуры. В густонаселенных радиолюбителями районах, УВЧ, кроме того, должен способствовать увеличению динамического диапазона радиоприемника, поскольку при этом снижаются уровни помех в тракте усилителя радиочастоты и на входе смесителя. Но это в большей степени относится к приемникам КВ.
- УВЧ должен быть хорошим согласующим устройством между входным волновым сопротивлением фидера антенны и первым каскадом усиления УВЧ (или смесителя). Равенство этих сопротивлений обеспечивает максимальную передачу высокочастотной энергии на вход первого каскада УВЧ приемника (или смесителя). От качества согласования зависит чувствительность радиоприемника.

При высоком уровне помех между антенным входом и УВЧ применяют специальные ВЧ фильтры. Они могут быть как перестраиваемые, так и не перестраиваемые по частоте.

Для работы в различных участках УКВ диапазонов применяют, как правило, фильтры неперестраи-ваемые. Перестраиваемый преселектор с высокой избирательностью для низкочастотных УКВ диапазонов можно выполнить на спиральных резонаторах, представляющих собой полые металлические цилиндры или прямоугольные коробки, внутри которых на равных расстояниях от стенок размещены катушки индуктивности.

Внутренняя поверхность цилиндров или коробок должна иметь хорошую проводимость на высоких частотах, поэтому она должна быть возможно более гладкой и, как правило, эту поверхность серебрят. Рассмотрение конструкций спиральных резонаторов не входит в число задач этой статьи.

УВЧ должен усиливать принимаемый сигнал до уровня, превышающего уровень шумов смесителя. Уровень шумов УВЧ в наибольшей мере определяет уровень шумов приемника и, следовательно, чувствительность приемника. Поэтому все элементы УРЧ и в особенности транзисторы выбирают с учетом их шумовых параметров.

Граничные частоты транзисторов УВЧ должны быть по крайней мере в 3—5 раз выше рабочей частоты. Ток коллектора в рабочей точке не рекомендуется выбирать меньше 0,5—1 мА, так как при меньшем токе сильно сказывается зависимость параметров транзистора от температуры и значительно уменьшается крутизна транзистора.

Перечисленные выше требования к УВЧ дают основание к тому, чтобы в этой статье рассматривать не конкретно схему только каскадов УВЧ, а в комплексе со схемами устройств согласования УВЧ с фидерами антенн и смесителями.

Поэтому здесь приводятся схемы, реально существующих и полностью работоспособных схем УРЧ, а так же схемы конвертеров, включающих в себя кроме фильтра ВЧ и УВЧ, смеситель и первый каскад УПЧ, а так же гетеродин.

Отдельные блоки УВЧ

В этом разделе я привожу схемы и краткое описание отдельных блоков, которые могут применяться как отдельные от основного приемника, самостоятельные внешние блоки усиления высокой частоты. Как правило, эти внешние УВЧ стоит применять, если вы используете радиоприемник с недостаточной чувствительностью.

Проверить достаточность чувствительности УКВ приемника очень просто. Для этого нужно настроить приемник с подключенной антенной на чистый от станций участок диапазона и замкнуть антенный вход приемника на корпус (на землю). Если вы при этом наблюдаете резкое снижение шумов на выходе приемника, то чувствительность вашего приемника вполне достаточная.

Но если резкого снижения шумов не наблюдается, или никакого снижения вообще, - это означает, что вы должны либо улучшить согласование антенны с фидером, либо увеличить чувствительность приемника путем добавления внешних малошумящих каскадов усиления высокой частоты.

Иногда внешний усилитель подключают непосредственно к антенне. В этом случае УВЧ должен быть защищен от попадания влаги и хорошо согласован с одной стороны с выходом антенны, с другой стороны -с антенным фидером. Также необходимо решить вопрос с подачей питания.

УВЧ с низкоомным входом и выходом

На рис. 1 показана схема малошумящего УВЧ, предназначенная для работы в качестве первого каскада радиоприемника.

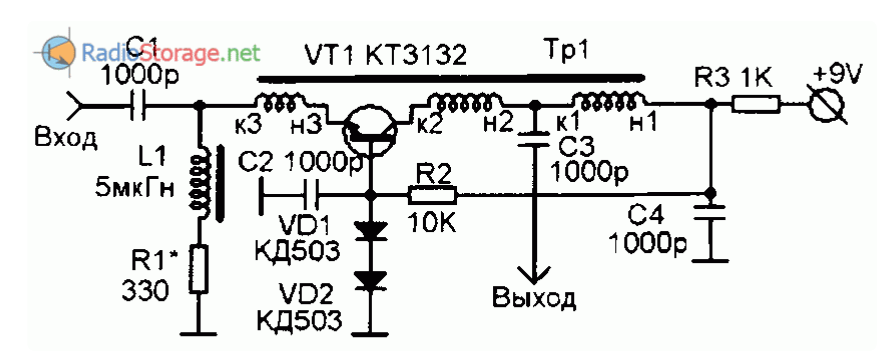


Рис. 1. Схема малошумящего усилителя ВЧ, предназначенная для работы в качестве первого каскада радиоприемника.

В схеме применен сверхвысокочастотный мало-шумящий транзистор VT1 типа КТ3132 или КТ3101. УВЧ не имеет резонансных контуров и в качестве нагрузки транзистора работает высокочастотный трансформатор Трі, намотанный на кольце диаметром 7...8 мм из феррита марки 50ВЧ. Изготовленный по этой схеме и указанными элементами, УВЧ может работать в диапазоне частот от 50 до 200 МГц.

Если использовать ферритовое кольцо с более высокочастотными параметрами, то можно рассчитывать на работу УВЧ на более высоких частотах.

Конструктивное выполнение ВЧ трансформатора показано на рис. 2. Он имеет три обмотки, которые должны соединяться между собой точно по схеме. Начало и конец первой из обмоток на схеме помечены как ні и кі, начало и конец второй - как н2 и к2 и т.д. Первая и вторая обмотки имеют по 5 витков, третья обмотка - 2 витка из провода ПЭЛ-0,2...0,3.

При изготовлении трансформатора берутся три куска провода такой длины, чтобы обеспечить точное выполнение необходимого количества витков.

Затем начала трех кусков зажимаются вместе и провода скручиваются в плотный жгут, который после этого наматывается на ферритовое кольцо. Нужно не забыть, что после намотки на кольцо двух витков следует вывести конец третьей обмотки к3 и дальше продолжать намотку жгута, который будет состоять уже из двух проводов.

Катушка L1 на рис. 6.1 представляет собой ВЧ дроссель, также намотанный на аналогичном ферритовом кольце. Число витков на кольце из феррита 50ВЧ диаметром 7...8 мм должно быть 17... 20.

В качестве диодов VD1 и VD2 можно использовать КД522, КД514 и даже Д220 или Д219 -в крайнем случае. Входное и выходное сопротивления УВЧ примерно равны между собой и составляют 50 Ом.

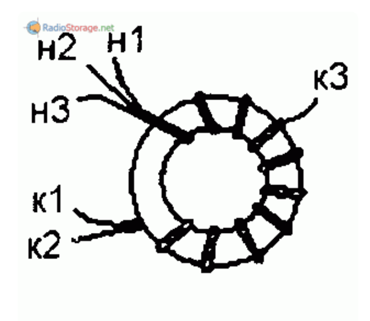


Рис. 2. Конструктивное выполнение ВЧ трансформатора для схемы УВЧ.

УВЧ для телевизионных каналов ДМВ

За последние годы на рынках страны появились телевизионные антенны производства польских фирм. Эти антенны снабжаются достаточно чувствительным и малошумящим УВЧ. Особенность антенны в том, что она требует хорошего-заземления.

Малоопытные владельцы этих конструкций часто не обращают внимание на это обстоятельство, и усилители антенны выходят из строя при первой же небольшой грозе.

Поэтому на рынке (во всяком случае, в нашем городе) можно купить отдельную плату с подобным антенным усилителем. Я иногда пользовался такой возможностью.

На одной из этих плат стоит обозначение SWA-49 и указано зашифрованное название производителя - AST.

Установив данный усилитель на своей антенне, вы, возможно, сможете решить проблемы с приемом удаленных УКВ станций. Точные параметры этих усилителей мне неизвестны, практика показывает, что они обеспечивают довольно хорошее усиление на частотах от 50 до 600 МГц.

УВЧ с умножителем добротности

В начале этого раздела было рассказано о двух вариантах УВЧ, которые могут работать в большом диапазоне частот. Такие УВЧ обычно называются широкополосными и используются в приемниках, предназначенных для просмотра довольно большого частотного диапазона. Но в любительской практике необходимость в такого рода приемниках бывает очень редко.

Чаще всего радиолюбителю необходим приемник, работающий в пределах довольно узкого любительского диапазона. К тому же, приемник с широкополосным УВЧ на входе будет подвержен помехам от близкоработающих мощных вещательных радиостанций.

Поэтому здесь я предлагаю для рассмотрения принципиальную схему УВЧ, который способен организовать прием сигналов только в узкой полосе частот, что поможет избавиться от помех и одновременно улучшит другие параметры приемника.

На рис. 3 показана схема очень эффективного УВЧ, который можно применять в низкочастотных участках УКВ диапазона. Данная конструкция разработана мною для применения на диапазоне 145 МГц.

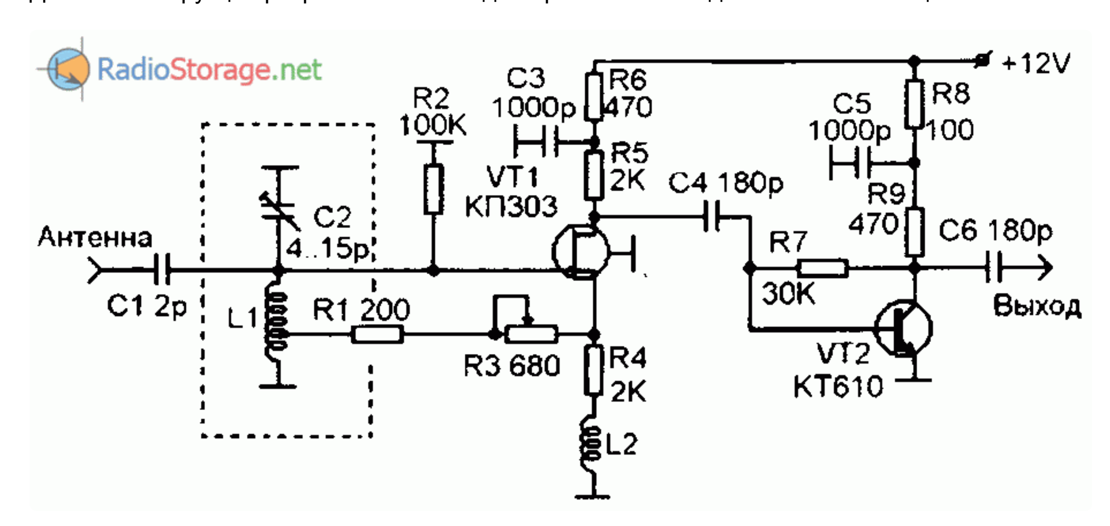


Рис. 3. Схема очень эффективного усилителя высокой частоты для УКВ радиоаппаратуры.

Несколько лет тому назад мною была разработана схема УВЧ с умножителем добротности (умножителем Q) на полевом транзисторе КП303Д и последующим апериодическим каскадом усиления на транзисторе КТ610.

По этой схеме был построен внешний усилитель ВЧ, показавший исключительно хорошие результаты при совместной работе со связными ламповыми приемниками. Как потом выяснилось, этот УВЧ заметно улучшал чувствительность и избирательность многих конструкций транзисторных связных приемников.

Отличные результаты были получены при приеме сигналов от Искусственных Спутников Земли (ИСЗ) RS-10/11 и RS-12/13 на диапазоне 29 МГц. Схема и описание этого УВЧ находится в Интернете на моем сайте, расположенном по адресу r3xb.narod.ru в разделе «Модемы» (Преселектор с умножителем Q).

Для применения данного УВЧ на диапазоне 144 МГц в схему пришлось внести некоторые изменения. Схема доработанного варианта как раз и показана на рис. 3.

Здесь применены широкодоступные радиодетали, непременное требование одно - переменный резистор R3 не должен быть проволочным (т.е. должен быть безиндуктивным).

Сигнал из антенного фидера ВЧ сигнал поступает через конденсатор очень маленькой емкости С1 на контур L1C2. Величину емкости С1 можете подбирать по своему усмотрению, но в любом случае она на диапазоне 145 МГц не должна превышать 3,3 пФ. На более низкочастотных диапазонах, например, на 29 МГц, эта величина может быть увеличена до 8 пФ.

Резисторы R4, R5 и R6 задают режим работы VT1. Через R1 и R3 осуществляется обратная связь контура L1C2 с истоком транзистора VT1. Чем меньше величина сопротивления переменного резистора R3, тем больше величина напряжения обратной связи и одновременно увеличивается добротность контура.

Происходит так называемый процесс умножения добротности контура (умножение Q). При некоторой величине этого напряжения усилитель превращается в генератор.

Та величина напряжения обратной связи, при которой УВЧ превращается в генератор, называется «порогом генерации». Самая высокая добротность контура L1C2 при напряжении обратной связи близком к порогу генерации.

В этом случае УВЧ имеет самую узкую полосу пропускания, но несколько повышаются шумы. Поэтому, когда от вашего приемника требуется самая высокая чувствительность, УВЧ следует настроить на более широкую полосу пропускания.

Транзистор VT2 работает как обычный апериодический усилитель. В этом каскаде применен малошумящий ВЧ транзистор средней мощности КТ610. В своих конструкциях можете применять иные, более удобные для вас, транзисторы.

Катушка L1 бескорпусная, имеет 5 витков провода ПЭЛ-0,6 и намотана на болванке диаметром 8 мм. Длина катушки - 25 мм. Отвод выполнен от середины катушки.

Катушка L2 представляет собой высокочастотный дроссель и делается только в том случае, когда при настройке не удается достигнуть порога генерации. Катушка наматывается куском провода ПЭЛ-0,4 длиной 0,1...0,2 от длины волны, на которой применяется УВЧ. Конденсатор С2 должен быть обязательно с воздушным диэлектриком.

На рис. 4 показана схема точно такого же УВЧ, но предназначенная для работы на диапазоне 29 МГц. Может применяться и на КВ диапазонах, но при этом следует выбирать соответствующие параметры контурных катушек. Для диапазона 29 МГц катушка L1 должна быть выполнена на каркасе 8 мм, число витков - 25 проводом ПЭЛ-0,4, длина намотки - 15 мм.

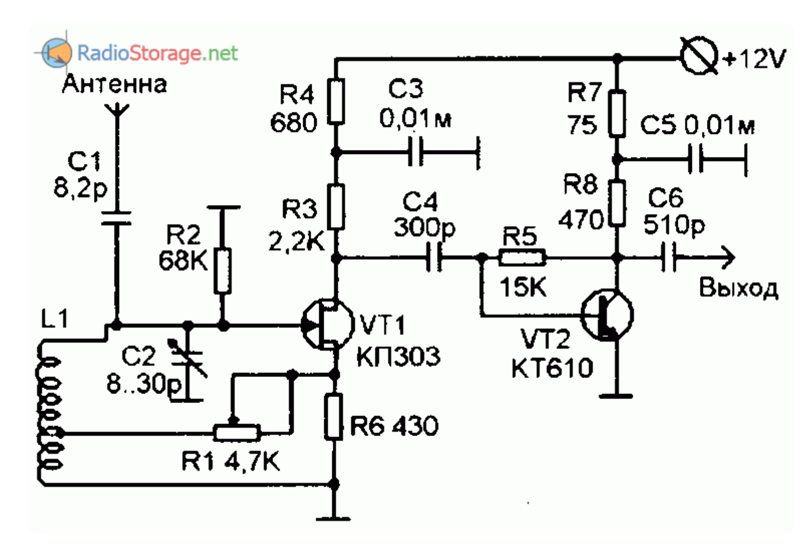


Рис. 4. Схема усилителя высокой частоты (УВЧ) для диапазона 29 МГц.

Для использования подобного усилителя на других диапазонах смотрите информацию на моем сайте.

Малошумящий узкополосый УВЧ

На рис. 5 приведена схема УВЧ, выполненная на малошумящих транзисторах импортного производства. Схема рассчитана на применение в диапазоне 435 МГц и частично мною упрощена по сравнению с оригиналом, заимствованным из радиолюбительской литературы.

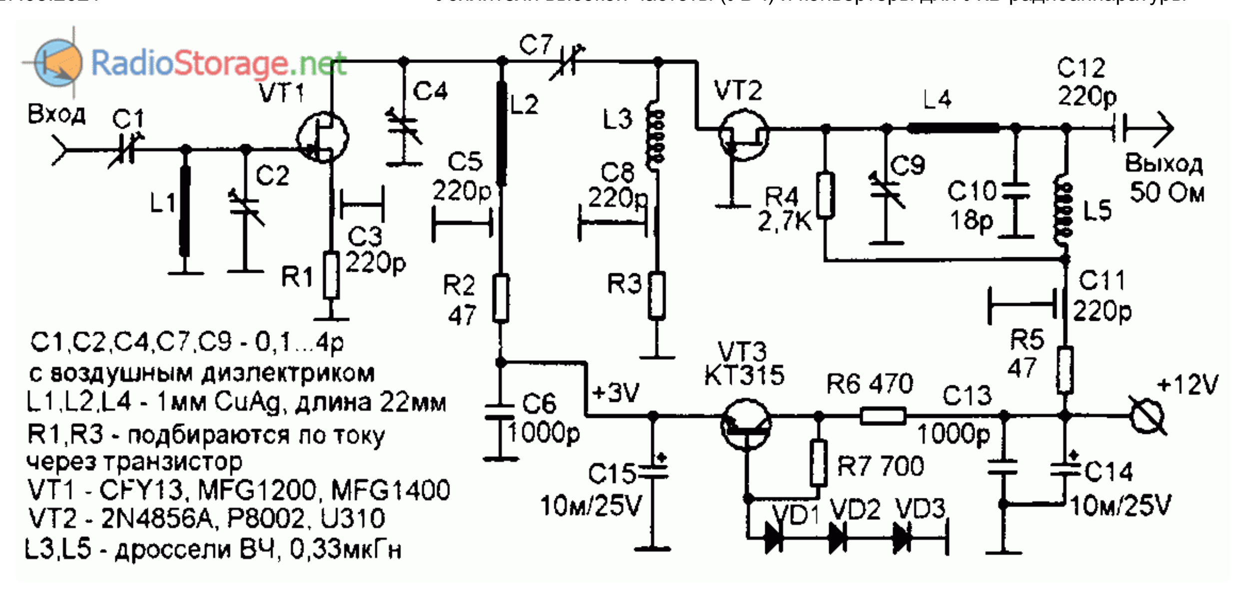


Рис. 5. Схема УВЧ на малошумящих транзисторах импортного производства.

Величины резисторов R1 и R3 подбираются по величинам тока через транзисторы, которые обеспечивают лучшие шумовые характеристики УВЧ.

В схеме применены транзисторы, выполненные на базе соединений галлия, поэтому, если у вас окажутся подобные транзисторы, следует познакомиться с правилами обращения с этими приборами.

Геннадий А. Тяпичев - R3XB (ex RA3XB). r3xb.narod.ru.